

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-210989

(43)Date of publication of application : 20.08.1996

(51)Int.Cl.

G01N 21/88

H01L 21/66

(21)Application number : 07-019489

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI ELECTRON ENG CO LTD

(22)Date of filing : 07.02.1995

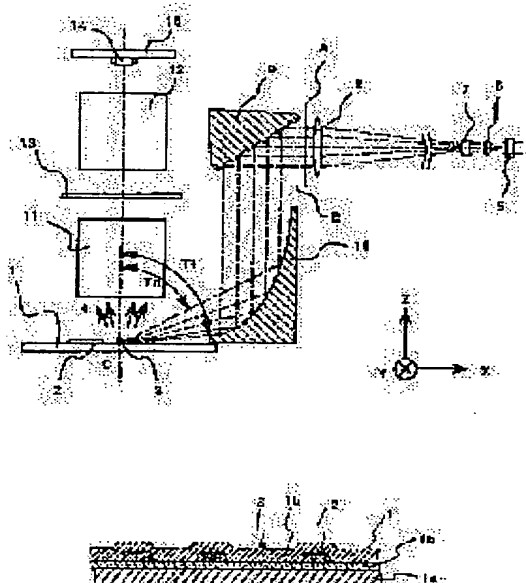
(72)Inventor : SHIBA MASATAKA
MORIOKA HIROSHI
NAGAYAMA KAZUHIKO
YANAI TOSHIAKI
WATANABE TETSUYA
MATSUNAGA RYOJI
NOGUCHI MINORU

(54) METHOD FOR DETECTING FINE DEFECT AND DEVICE THEREFOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method for detecting a fine defect and a device therefor in which a fine defect such as a fine foreign matter present on a base having a thin film for transmitting a light formed thereon can be stably detected with high sensitivity.

CONSTITUTION: The laser beam emitted from a semiconductor laser oscillator 5 is made into a plurality of mutually non-interfering luminous fluxes, which are effectively collected and emitted onto a substrate 1 having a thin film 1b for transmitting a light formed thereon at the same time at different incident angles T_1 - T_n so that the intensities of the reflected lights generated from the thin film 1b formed on the substrate 1 are smoothed or averaged. The scattered light of the emitted light caused by a fine defect 3 such as a fine foreign matter present on the base is converged by a condenser lens 11, and detected by a detector 14.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-210989

(43)公開日 平成8年(1996)8月20日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 N 21/88

F

E

H 0 1 L 21/66

J

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 14 頁)

(21)出願番号

特願平7-19489

(22)出願日

平成7年(1995)2月7日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000233480

日立電子エンジニアリング株式会社

東京都渋谷区東3丁目16番3号

(72)発明者 芝 正孝

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 森岡 洋

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

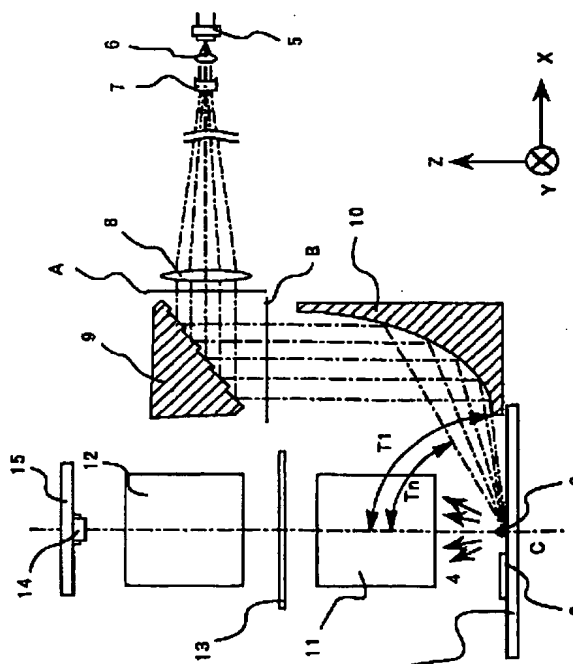
(54)【発明の名称】 微小欠陥検出方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】本発明の目的は、光を透過する薄膜が形成された基板上に存在する $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 或いはそれ以下の微小異物等の微小欠陥を安定して高感度で検出できるようにした微小欠陥検出方法及びその装置を提供することにある。

【構成】本発明は、基板1上に形成された薄膜1bから発生する反射光の強度を平滑化または平均化するように、半導体レーザ発振器5から出射されたレーザ光を、互いに非干渉な複数の光束にして、異なる入射角 $T_1 \sim T_n$ で実効的に同時に、光を透過する薄膜1bが形成された基板1上に集光照射し、該照射光によって前記基板上に存在する微小異物等の微小欠陥3から生じる散乱光を集光レンズ11で集光して検出器14で検出するものである。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、互いに可干渉性を低減した指向性を有する光を斜め方向から照射し、前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を検出光学系で集光して光電変換手段で受光して該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出することを特徴とする微小欠陥検出方法。

【請求項 2】 前記指向性を有する光は、レーザ光であることを特徴とする請求項 1 記載の微小欠陥検出方法。

【請求項 3】 薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、互いに空間的に可干渉性を低減した指向性を有するレーザ光を斜め方向から照射し、前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を検出光学系で集光して光電変換手段で受光して該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出することを特徴とする微小欠陥検出方法。

【請求項 4】 薄膜が形成された基板上から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、互いに時間的に可干渉性を低減した指向性を有するレーザ光を斜め方向から照射し、前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を検出光学系で集光して光電変換手段で受光して該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出することを特徴とする微小欠陥検出方法。

【請求項 5】 薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、互いに可干渉性を低減した指向性を有する光を斜め方向から照射し、前記基板上の微小欠陥および回路パターンのエッジから生じる散乱光を検出光学系で集光して前記回路パターンのエッジから生じる散乱光を遮光する遮光手段を通して得られる散乱光を光電変換手段で受光して該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出することを特徴とする微小欠陥検出方法。

【請求項 6】 互いに可干渉性を低減した複数の光束を、基板面上に投影したときほぼ同一方向となるように互いに異なる傾斜した入射角度で基板面上の所望の箇所に実効的にほぼ同時に照射し、前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を検出光学系で集光して光電変換手段で受光して該光電変換手段から得られる信号により前記微小欠陥を検出することを特徴とする微小欠陥検出方法。

【請求項 7】 薄膜が形成された基板上から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、互いに可干渉性を低減した指向性を有する光を斜め

方向から照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を集光して検出する検出光学系と、該検出光学系で集光して検出される散乱光を受光して信号に変換する光電変換手段とを備え、該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出するように構成したことを特徴とする微小欠陥検出装置。

【請求項 8】 前記照射光学系において、指向性を有する光を出射するレーザ光源を有することを特徴とする請求項 7 記載の微小欠陥検出装置。

【請求項 9】 薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、互いに空間的に可干渉性を低減した指向性を有するレーザ光を斜め方向から照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を集光して検出する検出光学系と、該検出光学系で集光して検出される散乱光を受光して信号に変換する光電変換手段とを備え、該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出するように構成したことを特徴とする微小欠陥検出装置。

【請求項 10】 前記照射光学系において、互いの光路長を異ならしめて互いに空間的に可干渉性を低減する光学系を備えたことを特徴とする請求項 9 記載の微小欠陥検出装置。

【請求項 11】 薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、互いに時間的に可干渉性を低減した指向性を有するレーザ光を斜め方向から照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を集光して検出する検出光学系と、該検出光学系で集光して検出される散乱光を受光して信号に変換する光電変換手段とを備え、該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出するように構成したことを特徴とする微小欠陥検出装置。

【請求項 12】 前記光電変換手段を、T D I センサで構成したことを特徴とする請求項 10 記載の微小欠陥検出装置。

【請求項 13】 薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、互いに可干渉性を低減した指向性を有する光を斜め方向から照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記基板上の微小欠陥および回路パターンのエッジから生じる散乱光を集光して検出し、前記回路パターンのエッジから生じる散乱光を遮光する遮光手段を有する検出光学系と、該検出光学系で集光して検出される散乱光を受光して信号に変換する光電変換手段とを備え、該光電変換手段から得られる信号により前記基

板上の微小欠陥を検出するように構成したことを特徴とする微小欠陥検出装置。

【請求項 14】互いに可干渉性を低減した複数の指向性を有する光束を、基板面上に投影したときほぼ同一方向となるように互いに異なる傾斜した入射角度で基板面上の所望の個所に実効的にほぼ同時に照射する照射光学系と、該照射光学系によって照射された光束により前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を集光して検出する検出光学系と、該検出光学系で集光して検出される散乱光を受光して信号に変換する光電変換手段とを備え、該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出するように構成したことを特徴とする微小欠陥検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体ウエハ、プリント基板、TFT液晶表示装置、あるいは磁気ディスク基板等の基板上に存在する微小異物等の微小欠陥を、高速に、且つ高感度に検出する微小欠陥検出方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】年々微細化あるいは複雑化する半導体ウエハ、プリント基板、TFT液晶表示装置、あるいは磁気ディスク基板等の基板の歩留まりを確保するためには、基板上に存在する微小異物等の微小欠陥を、高速に、且つ高感度に検出することが要求されている。

【0003】この基板上に存在する微小異物を、高速に、且つ高感度に検出する従来技術としては、例えば、特開昭55-149829号公報（従来技術1）、特開昭59-65428号公報（従来技術2）および特開平6-102189号公報（従来技術3）が知られている。即ち、従来技術1においては、基板上の回路パターンと微小異物の分離をするために、直線偏光レーザを浅い角度で基板上に照射し、回路パターンのエッジと微小異物から発生する散乱光を基板上方に設けた検出光学系で集光した後、検光子を通して微小異物から発生する散乱光成分のみを検出器にて抽出する方法が示されている。また、従来技術2においては、基板上の回路パターンと微小異物の分離をするために、直線偏光レーザを浅い角度で基板に照射し、回路パターンのエッジと微小異物から発生する散乱光を基板上方に設けた検出光学系で集光した後、検出光学系における基板のフーリエ変換面に設けた空間フィルタにより、規則的な回路パターン形成角度あるいは配置を有する特定の回折光成分を遮光し、微小異物から発生する散乱光成分のみを検出器にて抽出する方法が示されている。また、従来技術3においては、回路パターンの存在しない鏡面状態の上に薄膜を形成した膜付きのウエハに対してレーザビームを傾斜した方向から照射した際、前記薄膜層の厚さや屈折率の違いにより反射率が大きく変化して薄膜上に存在する異物

からの散乱光強度が大きく変動することに基づいて、前記反射率が所定値以上になるように膜付きのウエハに対して照射するレーザビームの入射角度を選択して膜付きのウエハ上に存在する異物からの散乱光強度を一定にして膜付きのウエハ上に存在する異物を安定して検出する方法が示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】半導体ウエハ、薄膜多層基板（プリント基板）、TFT液晶表示装置、あるいは磁気ディスク基板等の基板上には、一般的に、微細な回路パターンあるいは情報記録用の溝等の規則的あるいは不規則的なパターンが形成されており、基板上に存在する異物、異物をこれらのパターンからいかに分離して抽出できるかが重要な開発課題になってきている。

【0005】上記従来技術1および2においては、半導体基板上に形成された回路パターンの如く幾何学的な形状の規則性による散乱光の乱れや回折に着目して異物からの散乱光を抽出しようと試みている。しかしながら、例えば、半導体の高集積化に伴い、より微小な異物等の微小欠陥を検出しようとする場合には、これだけでは十分な性能を達成できなくなっている。即ち、半導体基板上に絶縁膜、保護膜、レジスト膜等の薄膜が形成されており、この単層あるいは多層の薄膜が形成された半導体基板の反射率や薄膜も含め半導体基板上の表面の微小凹凸（粗さ）等の違い又は変動に影響を受けることなく半導体基板上の表面に付着したより微小な異物等の微小欠陥を検出することが必要となってきた。上記従来技術3においては、薄膜が形成された半導体ミラーウエハからの反射率が所定の値以上になるように照射するレーザビームの照射角度を制御しようとしているが、実際のパターン付の半導体基板を考えると一枚の半導体基板においても、中心部と周辺部において薄膜の膜厚等が変動してしまうと共に1つのロット内の各半導体基板の間においても前記薄膜の膜厚等の変動が生じ、しかも前記薄膜の下に存在する回路パターンの形状も場所によって異なるため、照射するレーザビームの最適な照射角度を求めにくい状況になってしまい、安定して微小異物等の微小欠陥を検出することが難しくなる課題を有するものである。このように、従来技術においては、基板上に形成された光を透過する薄膜の膜厚等の変動による基板からの反射率の変動や基板上の表面に存在する微小凹凸による影響を受けることなく、基板上に存在する微小異物等の微小欠陥を安定して確実に検出しようとする課題について考慮されていなかった。

【0006】本発明の目的は、上記従来技術の課題を解決すべく、半導体ウエハ、薄膜多層基板（プリント基板）、TFT液晶表示装置、あるいは磁気ディスク基板等の基板の如く、光を透過する薄膜が形成された基板上に存在する0.3~0.8μm或いはそれ以下の微小異物等の微小欠陥を、安定した高い検出感度で、且つ高速

に検出できるようにして基板の歩留まりを向上するようにした微小欠陥検出方法及びその装置を提供することにある。

【0007】また、本発明の他の目的は、半導体基板の如く、回路パターンが形成され、光を透過する薄膜が形成され、更に微小凹凸の表面を有する半導体基板上に存在する $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 或いはそれ以下の微小異物等の微小欠陥を、安定した高い検出感度で、且つ高速に検出できるようにした微小欠陥検出方法及びその装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、且つ互いに可干渉性を低減した指向性を有する光を斜め方向から照射し、前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を検出光学系で集光して光電変換手段で受光して該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出することを特徴とする微小欠陥検出方法である。また本発明は、前記微小欠陥検出方法において、前記指向性を有する光は、レーザ光であることを特徴とする。また本発明は、薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、且つ互いに空間的に可干渉性を低減した指向性を有するレーザ光を斜め方向から照射し、前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を検出光学系で集光して光電変換手段で受光して該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出することを特徴とする微小欠陥検出方法である。

【0009】また本発明は、薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、且つ互いに時間的に可干渉性を低減した指向性を有するレーザ光を斜め方向から照射し、前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を検出光学系で集光して光電変換手段で受光して該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出することを特徴とする微小欠陥検出方法である。また本発明は、薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、且つ互いに可干渉性を低減した指向性を有する光を斜め方向から照射し、前記基板上の微小欠陥および回路パターンのエッジから生じる散乱光を検出光学系で集光して前記回路パターンのエッジから生じる散乱光を遮光する遮光手段を通して得られる散乱光を光電変換手段で受光して該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出することを特徴とする微小欠陥検出方法である。また本発

明は、互いに可干渉性を低減した複数の光束を、基板面上に投影したときほぼ同一方向となるように互いに異なる傾斜した入射角度で基板面上の所望の個所に実効的にほぼ同時に照射し、前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を検出光学系で集光して光電変換手段で受光して該光電変換手段から得られる信号により前記微小欠陥を検出することを特徴とする微小欠陥検出方法である。

【0010】また本発明は、薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、且つ互いに可干渉性を低減した指向性を有する光を斜め方向から照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を集光して検出する検出光学系と、該検出光学系で集光して検出される散乱光を受光して信号に変換する光電変換手段とを備え、該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出するように構成したことを特徴とする微小欠陥検出装置である。また本発明は、前記微小欠陥検出装置における前記照射光学系において、指向性を有する光を出射するレーザ光源を有することを特徴とする。また本発明は、薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、且つ互いに空間的に可干渉性を低減した指向性を有するレーザ光を斜め方向から照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を集光して検出する検出光学系と、該検出光学系で集光して検出される散乱光を受光して信号に変換する光電変換手段とを備え、該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出するように構成したことを特徴とする微小欠陥検出装置である。また本発明は、前記微小欠陥検出装置における前記照射光学系において、互いの光路長を異ならしめて互いに空間的に可干渉性を低減する光学系を備えたことを特徴とする。

【0011】また本発明は、薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化されるように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、且つ互いに時間的に可干渉性を低減した指向性を有するレーザ光を斜め方向から照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を集光して検出する検出光学系と、該検出光学系で集光して検出される散乱光を受光して信号に変換する光電変換手段とを備え、該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出するように構成したことを特徴とする微小欠陥検出装置である。また本発明は、前記微小欠陥検出装置において、前記光電変換手段を、TDIセンサで構成したことを特徴とする。また本発明は、薄膜が形成された基板から得られる反射光の強度が平均化または平滑化され

るように、前記基板上の所望の箇所に対して、互いに異なる入射角度を持ち、且つ互いに可干渉性を低減した指向性を有する光を斜め方向から照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された光によって前記基板上の微小欠陥および回路パターンのエッジから生じる散乱光を集光して検出し、前記回路パターンエッジから生じる散乱光を遮光する遮光手段を有する検出光学系と、該検出光学系で集光して検出される散乱光を受光して信号に変換する光電変換手段とを備え、該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出するように構成したことを特徴とする微小欠陥検出装置である。

【0012】また本発明は、互いに可干渉性を低減した複数の指向性を有する光束を、基板面上に投影したときほぼ同一方向となるように互いに異なる傾斜した入射角度で基板面上の所望の個所に実効的にほぼ同時に照射する照射光学系と、該照射光学系によって照射された光束により前記基板上の微小欠陥から生じる散乱光を集光して検出する検出光学系と、該検出光学系で集光して検出される散乱光を受光して信号に変換する光電変換手段とを備え、該光電変換手段から得られる信号により前記基板上の微小欠陥を検出するように構成したことを特徴とする微小欠陥検出装置である。また本発明は、互いに干渉性を有しない複数の光束を、同一方向から異なる入射角度で基板に実効的に同時に照射し、この際に基板上のパターンや異物から発生する散乱光を偏光や空間フィルタを用いたパターン散乱光の遮断手段を介し異物からの散乱光のみを抽出して検出器で検出することを特徴とする微小欠陥検出方法及びその装置である。また本発明は、前記微小欠陥検出方法及びその装置において、前記パターン散乱光の遮断手段に偏光を用いることを特徴とする。また本発明は、前記微小欠陥検出方法及びその装置において、パターン散乱光の遮断手段に空間フィルタを用いることを特徴とする。また本発明は、前記微小欠陥検出方法及びその装置において、対象とする基板が半導体ウエハ、プリント基板、TFT液晶表示装置、あるいは磁気ディスク基板等であることを特徴とする。また本発明は、前記微小欠陥検出方法及びその装置において、パターン散乱光の遮断手段である空間フィルタが、短冊上のパターンを平行、等間隔に並べた形状であることを特徴とする。また本発明は、前記微小欠陥検出方法及びその装置において、互いに干渉性を有しない複数の光束を、単一のレーザ光源を分割後、互いの光路長を可干渉距離以上変化させて形成することを特徴とする。また本発明は、前記微小欠陥検出方法及びその装置において、お互いに干渉性を有しない複数の光束を、複数の異なるレーザを設置して形成することを特徴とする。また本発明は、前記微小欠陥検出方法及びその装置において、複数の異なるレーザの波長が、検出光学系の許容色収差量を満足する範囲で用いられることを特徴とする。また本発明は、前記微小欠陥検出方法及びその装置にお

いて、互いに干渉性を有しない複数の光束を、基板面に投影したときに同一方向となるような複数の異なる入射角度で基板に実効的に同時に照射するように、単一のレーザ光源からの光を、基板から離れた位置に集光させ、微小欠陥から発生する散乱光を検出光学系で集光させてTDI (Time Delayed Integration) センサによって受光して検出することを特徴とする。

【0013】

【作用】年々微細化あるいは複雑化するLSI用若しくはTFT液晶表示用の半導体基板、コンピュータ用薄膜多層基板、または磁気ディスク用基板において、歩留まりを確保するために、 $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の微小な異物若しくは $0.3 \mu\text{m}$ より小さな極微小な異物等の微小欠陥を、高速に、且つ高感度で検出することが必要になってきた。一方、この微小な異物等の微小欠陥を検出する対象とする基板は、スパッタリングによってAl等の配線層を形成した後、またはその後露光してエッチングを施した後(レジストが残った状態)、またはその後例えばCVDで SiO_2 等の絶縁膜を形成した後など様々な状態が存在することになる。このように、光を透過する絶縁層、保護層若しくはレジスト層が、基板上に形成された状態で、また、スパッタリングによってAl等が成膜されて表面に微小な凹凸が存在する状態で、 $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の微小な異物等の微小欠陥を、高速に、且つ高感度で検出することが必要となる。他方、このような状態において、基板上に存在する $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の微小な異物等の微小欠陥を、高速に、且つ高感度で検出するためには、微小欠陥の表面積が微小になるため、微小異物等の微小欠陥に照射する強度を高くして、微小欠陥の表面側及び裏面側から照射してこの微小欠陥から発生する散乱光を多くしてその強度を高くする必要がある。そのためには、基板の表面に対してエネルギー密度の高い指向性を有するレーザ光を集光させて照射し、該照射によって微小欠陥の表面側に直接照射し、且つ上記の如く絶縁膜、保護膜、レジスト膜等の薄膜を有する基板から高い反射率で反射させた高い強度の反射光を上記微小欠陥の裏面側に照射することが必要となる。

【0014】ところが、上記薄膜の膜厚が、基板の周辺部と中心部で異なったりする場合が多く存在し、また基板の間若しくはロットの間または工程の間においても薄膜の膜厚が変動することになる。即ち、例えば、図11に示すように、屈折率が $n_0 \sim n_3$ 、膜厚が $d_1 \sim d_3$ からなる薄膜多層構造を有する基板1を対象として、 $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の微小な異物等の微小欠陥を検出する必要がある。このような対象基板1に対して、図11に示すように、レーザ光40を入射角度 θ_a で入射すると、境界面A0～A3において屈折と反射を繰り返して、いわゆる多重干渉光として出射光(微小異物3の裏側から照射される光)41が発生する。出射光41と入射光40との光強度の比が基板の反射率となるが、基板

1上の微小異物3にレーザ光40が照射されたときの散乱光強度を増大させるには、この基板1からの反射率を大きくする、即ち微小異物3の裏側から照射される多重干渉光（反射光、出射光）41を増大させることが重要である。しかし、上記薄膜の厚さが変動すると、図13に示すように、多重干渉光の強度（反射率）も、44で示すように大幅に変動することになる。実際、多重干渉光の強度がほぼ最大を示す薄膜の膜厚と多重干渉光の強度がほぼ最小を示す薄膜の厚さとを有することが、例えば一枚の基板において存在し、そのため、 $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の微小な異物3の検出感度に大幅な違いが生じてしまうことになる。そこで、本発明は、前記の如く構成することにより、微小異物等の微小欠陥に影響を与える基板からの多重干渉強度を、薄膜の膜厚変動に対して平滑化又は平均化してほぼ一定にし、しかも基板上に表面に存在する微小凹凸によって発生するスペックル干渉によるランダムな高輝度成分もを平滑化してスペックル模様を消去して、 $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 若しくはそれ以下の微小異物等の微小欠陥を高速度で、且つ安定して高感度で検出することができる。

【0015】

【実施例】本発明の実施例について、図面を用いて具体的に説明する。

【0016】まず、本発明に係る微小異物等の微小欠陥を検査する検査対象について説明する。即ち、検査対象とされる半導体ウエハ等の基板1は、図11（回路パターン2は図示せず）及び図12に示すように例えばSi基板1a上に回路パターン2とSiO₂等の絶縁膜、保護膜等の光を透過する薄膜1bが形成されている。また上記半導体ウエハ等の基板1には、レジスト膜等の光を透過する薄膜が形成されている場合もある。このように、1枚の基板1において、回路パターン2との関係で、絶縁膜、保護膜等の光を透過する薄膜1bの厚さが $0.01 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 異なると共に、製造プロセスによって周辺部と中央部との間においても $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 程度のバラツキが存在することになる。また半導体ウエハ内で回路パターン2の構造が異なる際にも、 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 程度の薄膜の厚さ変動が生じる。また半導体ウエハ等の基板1においては、多層の配線構造を有している関係で、どの段階で薄膜上又は薄膜内において微小異物等の微小欠陥3を検査するかに応じて薄膜の層数においても変動するものである。一方、回路パターン2は、スパッタリング等により基板1の全面にAl等の金属薄膜が形成され、その後、露光してエッチングを施すことによって基板1a上に形成される。従って、金属薄膜2の表面には、 $0.01 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 或いはこれ以下の微小凹凸が存在する。そして、本発明においては、上記基板1上に形成された薄膜上又は薄膜内に存在する微小異物等の微小欠陥3を検査するものである。ところで、上記検査対象となる基板1としては、半導体ウ

エハ以外の、例えば計算機等に用いられる多層薄膜基板やプリント配線基板、またTFT液晶表示装置に用いられるTFT（Thin Film Transistor）基板、また磁気ディスク基板においても、同様な現象が生じており、本発明を適用することができる。

【0017】図1は、本発明に係る検査対象基板上に存在する微小異物等の微小欠陥を検査する装置における第1の実施例の構成を示したものである。即ち、この実施例では、高出力の半導体レーザ発振器の発振波長が約数nmの幅を持つマルチ発振状態で作動することに着目し、その可干渉距離が極めて短い（たとえば 0.26 m 以下）ため、同一の半導体レーザ発振器から出た、例えば 800 nm 近傍の近赤外のエネルギー密度の高い指向性をもったレーザ光を、光軸方向にずらして配置した多段ミラーにより可干渉距離以上の光路長差を持たせて、非干渉の複数の光束を作る方式である。すなわち、高出力の半導体レーザ発振器5等から出た指向性を有するレーザ光を、コリメートレンズ6でZ軸方向に関して平行光に変換した後、円筒レンズ7、レンズ8により、Z軸方向には平行光束に、Y軸方向にはC点に半導体レーザ発振器5の光源像が結像するように整形する。半導体レーザ発振器5の光の、光源を出てA面にいたるまでの光路長は、どこをとっても等しく、干渉性を有するが、多段ミラー9により分割された光束は、各々、可干渉距離以上の光路差をB面に到るまでに持つようになり、お互いの光束は非干渉になる。XZ平面内で放物線を形成し、その焦点がC点を結びY軸に平行な直線となる放物ミラー10によりZ軸方向に集光すると、C点において集光する入射角度 T_1 から T_n までの、お互いに非干渉で、しかも基板1に対して傾斜した入射角度の異なる複数の光束を形成することができる。上記のように、基板1上のC点に集光させる光にレーザ光のように指向性をもたせるのは、C点において入射するエネルギー密度を高めて、C点から反射して得られる多重干渉光の強度を高めて、表面積が小さい $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 若しくはそれ以下の微小異物からの散乱光の強度を強めるためである。また、上記多段ミラー9と放物ミラー10とを用いて、互いに可干渉距離以上の光路差をもたせて非干渉にしてC点に対して傾斜した入射角度の異なる複数の光束を形成したのは、上記多段ミラー9と放物ミラー10とも反射形の光学素子であるため、光の照射エネルギーの減衰を最小限に抑えてC点に照射するエネルギー密度を高めることができる。

【0018】回路パターン2のエッジや $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 若しくはそれ以下の微小異物等の微小欠陥3から発生する散乱光4は、集光レンズ11にて集められ、そのフーリエ変換面に設けられた空間フィルタ13により、規則的な回路パターン2からの散乱光を低減した後に、結像レンズ12によりリニアセンサ等の検出器14により検出される。15は検出器14を搭載した基板であ

る。図2は、図1の光学系をZ軸上方から展開したものである。半導体レーザ発振器5等から出た指向性を有するレーザ光は、焦点距離 f_1 のコリメートレンズ6、円筒レンズ7、焦点距離 f_2 のレンズ8、多段ミラー9、放物ミラー10を介して基板1上に傾斜した方向から照射される。高出力の半導体レーザは、点光源ではなく、

$$W1 = \frac{f_2}{f_1} W2$$

【0020】ここで、半導体レーザ発振器5とコリメートレンズ6との距離 L_3 は、 f_1 と等しく($L_3 = f_1$)、また、コリメートレンズ6とレンズ8との距離 L_2 は、 $f_1 + f_2$ と等しく($L_2 = f_1 + f_2$)、さらに、レンズ8と基板との距離 L_1 は、 f_2 にほぼ等しくとることにより、半導体レーザ発振器の光源像はテレセントリックに基板1に投影され、微小異物等が存在する際に発生する散乱光は、集光レンズ11の後に置かれた空間フィルタ13(図1)により基板1上の回路パターン2等と十分に分離された後に、結像レンズ12を介してリニアセンサ等の検出器14によって検出される。図3は空間フィルタ13の例を示したものである。図2のような線状照明の場合、基板1上の繰り返し回路パターン2のエッジからの回折光は図4に示すような原理で形成される。ここで、 S_1 から S_7 は実空間の情報を、 F

$$S_7 = ((S_1 \otimes S_2) \times S_4) \otimes S_6$$

(数2)

【0022】さて、 F_1 から F_7 は実空間情報 S_1 から S_7 の各々を光学的にフーリエ変換したものである。フーリエ変換の場合、実空間でのコンボリューション、掛け算は、フーリエ空間でそれぞれ掛け算、コンボリュ

$$F_7 = ((F_1 \times F_2) \otimes F_4) \times F_6$$

(数3)

【0024】 F_7 において、正反射光成分に相当する0次回折光成分23が強力であり、図3の空間フィルタ13においても、中央の0次光遮光のパターン26は太くなっている。高次の回折光に関しては、メモリセル20の間隔に依存する成分24(矢印あり)とメモリセル群21の間隔に依存する成分25(矢印なし)があり、図1の集光レンズ11の開口数(NA(Numerical Aperture))に応じてメモリセル又はメモリセル群の間隔に依存する回折光を遮光するパターン27が設けられる。ところで、照明光はXY平面内では常にX軸と平行に照射されるために、図1の様に、基板1への入射角度が T_1 から T_n へと変化しても、その回折パターンはY軸方向の位置に変化がなく、回折パターンは常にX軸に平行に移動する。従って、図3において、回折光を遮光するパターン26、27をX軸と平行な短冊状にすれば、入射角度に依存しない空間フィルタのパターンを提供することができる。

【0025】一方、放物ミラー10から基板1上のC点に集光照射された入射角度が $T_1 \sim T_n$ の多数の光束の内、1つの光束(入射光)40を、図11に示すように、例えば屈折率が $n_0 \sim n_3$ 、膜厚が $d_1 \sim d_3$ から

線状の光源であるため、光源の長さを W_2 としたとき、次に示す(数1)式で示す関係で拡大され、基板1上に長さ W_1 の線状の照明光18を形成する。

【0019】

【数1】

(数1)

1から F_7 はフーリエ空間の情報を示している。たとえば、基板1としてメモリ素子等の半導体ウエハを考えると、 S_7 に示すように半導体ウエハ上にはメモリセル20が複数個等間隔で配置されたセル群21が、等間隔で複数個形成されている。このようなモデルを展開すると以下ようになる。すなわち、 S_7 はセル群パターン S_5 が、 S_6 のシャー関数で示される等間隔で配置している。セル群パターン S_5 は無限遠に広がるセルパターン S_3 に領域限定 S_4 を施したものである。そして、無限遠に広がるセルパターン S_3 は、 S_1 に示す単一のセルパターン20が、 S_2 のシャー関数で示される等間隔で配置されたものと考えられる。次に示す(数2)式はこれを示したものである。

【0021】

【数2】

ションに変換される。従って、 F_7 は(数2)式を用いて次に示す(数3)式の形で表現される。

【0023】

【数3】

(数3)

なる薄膜構造を有する基板1に対して入射角度 θ_a で入射すると、境界面 $A_0 \sim A_3$ において屈折と反射を繰り返し、いわゆる多重干渉光としての反射光41が発生する。上記入射光40と反射光41との光強度の比が基板の反射率となる。上記薄膜上又は薄膜内に存在する表面積が小さい $0.3 \sim 0.8 \mu m$ 若しくはそれ以下の微小異物からの散乱光の強度を強めるためには、前記に説明したように、微小異物の裏側から照射される光の強度となる多重干渉光としての反射光41の強度、即ち上記基板の反射率(入射光40と反射光41との光強度の比)を高めることが必要となる。一方、この基板の反射率(多重干渉光の強度)は、図13に示すように基板1上に形成された光を透過する薄膜の厚さに応じて周期的に変動することになる。ところで、前記に説明したように、本発明に係る検査対象の基板1においては、薄膜の変動が1枚の基板においても生じ、また基板の種類に応じて変化することになり、そのため、図13に示すように基板の反射率(多重干渉光の強度)に変動が生じ、微小異物の裏側から照射される光の強度に変動が生じて微小異物から発生する散乱光強度にも大幅な変動が生じ、検出感度が大幅に変動することになる。

【0026】他方、基板1に対して、集光照射する入射角度を変えると、図13に示す基板の反射率（多重干渉光の強度）が薄膜の厚さに対して矢印で示すように移動することになる。そこで、図1に示すように、放物ミラー10から基板1上のC点に、互いに非干渉な多数の光束を、互いに異なる入射角度 $T_1 \sim T_n$ で実効的に同時に集光照射することによって、基板1上に形成された薄膜から図14に示すように薄膜の厚さに関係なくほぼ一定の反射率をもった合成された多重干渉光（反射光）が出射され、薄膜1b上に存在する微小異物3に裏面側から照射され、微小異物3から薄膜1bの厚さ変動に関係なく、一定の散乱光を得ることができる。また上記の如く、微小異物3の表面側から直接集光照射された多数の光束によっても散乱光を得ることができる。図14においては、入射角度 T_1 、 T_k 、 T_n の各々の場合における薄膜の厚さに対する基板の反射率（多重干渉光の強度）を示す。しかし、上記の如く、これらの入射角度 T_1 、 T_k 、 T_n をもった複数の光束が基板1上のC点に実行的に同時に集光照射されるため、図15に示すように薄膜1bの厚さが H_a 、 H_b の各々の場合において、各入射角度 T_1 、 T_k 、 T_n によって微小異物から発生する散乱光が合成されて平滑化または平均化されて集光レンズ11に入射することになり、検出器14により薄膜の厚さの変動に関係なくほぼ一定の出力信号50を検出することができる。なお、入射角度 T_n で照射された光束によって、基板1の表面で正反射した多重干渉光が、集光レンズ11の入射瞳に入らないようにすることが必要である。このように、一枚の基板内で薄膜の厚さに変化があっても、また基板によって層数も含めて薄膜の厚さに変化があっても、常に薄膜から微小異物に対して照射される多重干渉光の強度をほぼ一定にすることができ、その結果微小異物から発生する散乱光もほぼ一定にすることができ、 $0.3 \sim 0.8 \mu m$ 若しくはそれ以下の微小異物を安定して高信頼度で検出することができる。

【0027】また、基板1には、前記した通り、回路パターン2等を形成するために、スパッタリングによって成膜され、表面に微小凹凸を有するA1等の金属薄膜が存在する。このように表面に微小凹凸（粗さ）を有するものに、指向性をもった光（レーザ光）を照射すると上記微小凹凸によって干渉によってスペックル模様が生じ、微小異物3からの散乱光成分が埋もれてしまうことになる。しかし、前記した通り、図1に示すように、放物ミラー10から基板1上のC点に、互いに非干渉な多数の光束を、互いに異なる入射角度 $T_1 \sim T_n$ で実効的に同時に集光照射されるため、基板1上において表面に微小凹凸を有する金属薄膜等が存在して、これによりスペックル（ランダムな高輝度成分）が発生しても、入射角度が $T_1 \sim T_n$ のように異なることによりランダム性の高いスペックルによる明暗が互いに打ち消し合って平

滑化されて、検出器14によって最終的に図16に示す平均的な信号（スペックル模様が消去された信号）51が検出され、微小異物からの散乱光の安定な検出が可能となる。

【0028】図5は、本発明に係る検査対象基板上に存在する微小異物等の微小欠陥を検査する装置における第2の実施例の構成を示したものである。この第2の実施例は、図1に示す第1の実施例の変形例である。ここでは、高出力の半導体レーザ発振器5等から出たレーザ光を、コリメートレンズ6でZ軸方向に関して平行光に変換した後、円筒レンズ7、レンズ8により、Z軸方向には平行光束に、Y軸方向にはC点に半導体レーザ発振器5の光源像がテレセントリックな関係で結像するように整形する。半導体レーザ発振器5の光の、光源を出てA面にいたるまでの光路長は、どこをとっても等しく、干渉性を有するが、多段ミラー9により分割された光束は、各々、可干渉距離以上の光路差をB面に到るまでに持つようになり、お互いの光束は非干渉になる。16はZ（またはX）軸方向にのみに光を集める、特に、球面収差を押さえるために非球面レンズあるいは回折レンズで構成されるアナモルフィックな光学系であり、ミラー17を経た後、C点において集光する入射角度 T_1 から T_n までの、お互いに非干渉で、しかも基板に対する入射角度の異なる複数の光束を形成することができる。回路パターン2のエッジや微小異物等の微小欠陥3から発生する散乱光4は、集光レンズ11にて集められ、そのフーリエ変換面に設けられた空間フィルタ13により、規則的な回路パターン2からの散乱光を低減した後、結像レンズ12によりリニアセンサ等の検出器14により検出される。15は検出器14を搭載した基板である。なお、第1及び第2の実施例において、検出光学系内に設置された空間フィルタ13の代わりに、またはこの空間フィルタ13に付け加える形で、検出光学系の光路途中に検光子（偏光板等）を設け、基板1上の回路パターン2のエッジからの散乱光成分を遮断してもよい。

【0029】図6は、本発明に係る検査対象基板上に存在する微小異物等の微小欠陥を検査する装置における第3の実施例の構成を示したものである。即ち、互いに非干渉の光束を基板1上に照射するために、ここでは、複数の半導体レーザ発振器5a～5eを用いている。このように、半導体レーザ発振器を別々（独立）にすることにより、各半導体レーザ発振器5a～5eから出力されたレーザ光束は、互いに非干渉となる。半導体レーザ発振器5a～5eの各々から出力された各レーザ光束は、各コリメートレンズ6a～6eでZ軸方向に関して平行光に変換した後、各円筒レンズ30a～30bにより、Z軸方向には平行光束に、Y軸方向にはC点に半導体レーザ発振器5の光源像がテレセントリックな関係で結像するように整形する。

【0030】16は、Z（またはX）軸方向にのみに光を集める、特に、球面収差を押さえるために非球面レンズあるいは回折レンズで構成されるアナモルフィックな光学系であり、ミラー17を経た後、C点において集光する入射角度 T_1 から T_n までの、互いに非干渉で、しかも基板1に対する入射角度の異なる複数の光束を形成することができる。ここで、ミラー31は、光路を 45° 折り曲げるためのものである。回路パターン2のエッジや微小異物等の微小欠陥3から発生する散乱光4は、集光レンズ11にて集められ、そのフーリエ変換面に設けられた空間フィルタ13により、規則的な回路パターン2からの散乱光を低減した後に、結像レンズ12によりリニアセンサ等の検出器14により検出される。15は検出器14を搭載した基板である。

【0031】図7は、本発明に係る検査対象基板上に存在する微小異物等の微小欠陥を検査する装置における第4の実施例の構成を示したものである。この第4の実施例では、アルゴンレーザ、YAGレーザ、ヘリウムネオンレーザを始めとする、ほとんどすべてのレーザが使用できる。すなわち、単一のレーザ発振器32の光を分配器33等で複数に分割し、これを光ファイバ34a~34e等を用いて導く。この際、光ファイバの長さの違いを互いに可干渉距離以上になるように変える等して、各々の光ファイバからでてくる光が非干渉になるようにしている。光ファイバをでた光は一般に点光源として扱えるため、コリメートレンズ6a~6eにより平行光に変えた後、Z（またはX）軸方向にのみ16のアナモルフィックな光学系により球面収差を押さえた形でC点に集光させる。

【0032】また、検出光学系の許容色収差性能を満足するならば、たとえばアルゴンレーザとYAGレーザの組み合わせといった構成も考えられる。図8は、本発明に係る検査対象基板上に存在する微小異物等の微小欠陥を検査する装置における第5の実施例の構成を示したものである。第1~第4の実施例は、レーザの発振波長という光学的な非干渉性（空間的インコヒーレント性）を用いた例であったのに対し、第5の実施例では、TDI（Time Delayed Integration）センサの特性を活かした時間的な非干渉性（時間的インコヒーレント性）を用いている。

【0033】TDIセンサは、図9と図10に示すように、ラインセンサが n 段形成されたものである。センサから吐き出される情報量であるラインレートは、ラインセンサと同等であるが、ラインレート dt 毎に、蓄積された電荷がライン36-1から36-2...と順次転送されていき、基板1を搬送するステージ（図示せず）の送り速度を、ラインレートと同期させることにより、たとえば、微小異物3からの散乱光37はライン36-nに到るまでの長時間にわたって蓄積されることになり、高感度な検出が可能となる。このセンサでは、基

本的に微小異物の像がライン36-1から36-nに到るまでの散乱光強度の総和を検出することになるが、ライン各々に到達する基板の同一地点からの散乱光は、時間的に全くインコヒーレントである。

【0034】そこで、図8に示すようにTDIセンサ35の共約面である基板面1から離れたところPに半導体レーザ発振器5等の光を集光させると、TDIセンサ35の共約面上の点Q1~Q3には、照射角度 T_b から T_a の幅広い角度で光が照射される。Q1~Q3の間に存在するTDIセンサ35のライン36の位置は各々異なり、干渉性を回避することができるために、入射角度が連続的に変化する非干渉な照明での検出と同様の性能を得ることができる。なお、6はコリメートレンズ、16は球面収差の小さいアナモルフィックな光学素子である。

【0035】以上説明したように、第2~第5の実施例においても、第1の実施例と同様な作用効果を得ることができる。なお、非干渉な多数のレーザ光束を形成する方法としては、上記実施例以外にも、例えば、図17に示すように、照明光路中に回転等の運動をする透明なガラス板28を挿入してレーザ光束を変調させ、この変調した光を集光レンズ8で非干渉な多数のレーザ光束を得ることもできる。本発明の実施例では、微小異物等の微小欠陥3からの散乱光の検出にリニアセンサを用いた例を示したが、光電子増倍管等のポイントセンサを用いる場合にも、照明光をスリット状からスポット状に変化させ、スポット走査系を付加することが必要となるものの基本的にはほぼ同一の光学系を用いることができる。

【0036】また、斜方照明上方検出（11~14からなる検出光学系の光軸を基板1の表面に対してほぼ垂直にした場合）の光学系を対象に実施例を示したが、半導体ウエハ、プリント基板、TF T液晶表示装置、あるいは磁気ディスク基板等、様々な対象の検査を考えた場合、斜方照明側方検出（11~14からなる検出光学系の光軸を基板1の表面を基準にして照明光学系の光軸に対してほぼ直角なY軸方向に傾斜させた場合である。この場合も、基板1の表面からの正反射光は、集光レンズ11に入射されない。）、あるいは斜方照明裏面検出、あるいはこれらの組み合わせも考えられる。

【0037】

【発明の効果】本発明によれば、半導体基板、多層薄膜基板（プリント基板）、TF T基板または磁気ディスク基板等のように基板上に形成された光を透過する薄膜の厚さが基板間あるいは基板内で異なって基板の反射率が変化するような場合や、基板上に形成される金属薄膜等のように表面に微小凹凸（粗さ）を有する場合において、表面積の小さな $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ あるいはそれ以下の微小異物等の微小欠陥から生じる散乱光の変動を少なくし、その強度をできるだけ大きくして、上記基板上に存在する $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ あるいはそれ以下の微小

欠陥を高感度で、且つ高信頼度で検出して、基板の製造工程における歩留まりを向上させることができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る微小欠陥検出装置における第 1 の実施例を示す構成図である。

【図 2】図 1 に示す光学系を Z 軸方向から臨んで展開した照明光学系を中心とする光路展開図である。

【図 3】図 1 に示す装置において用いられている空間フィルタの形状を示す図である。

【図 4】図 3 に示す空間フィルタの作用を説明するための図である。

【図 5】本発明に係る微小欠陥検出装置における第 2 の実施例を示す構成図である。

【図 6】本発明に係る微小欠陥検出装置における第 3 の実施例を示す構成図である。

【図 7】本発明に係る微小欠陥検出装置における第 4 の実施例を示す構成図である。

【図 8】本発明に係る微小欠陥検出装置における第 5 の実施例を示す構成図である。

【図 9】TDI センサの動作を説明するために、 $t = t_0$ における状態を示す図である。

【図 10】TDI センサの動作を説明するために、 $t = t_0 + dt$ における状態を示す図である。

【図 11】薄膜構造を有する基板において生じる多重干渉について説明するための図である。

【図 12】本発明の検査対象となる基板の一例である薄膜の厚さに変化が見受けられる半導体ウエハの一部分の断面を示す図である。

【図 13】薄膜の厚さと基板の反射率（多重干渉光の強度）との関係を示す図である。

【図 14】基板上に対して集光照射する光束の入射角を変えた場合の薄膜の厚さと基板の反射率（多重干渉光の強度）との関係を示す図である。

【図 15】基板上に対して各々入射角度 T_1 , T_k , T_n をもった複数の光束を実効的に同時に集光照射する場合の薄膜の厚さと基板の反射率（多重干渉光の強度）との関係を示す図である。

【図 16】図 15 に示す内容を検出器で検出される検出波形で説明する図である。

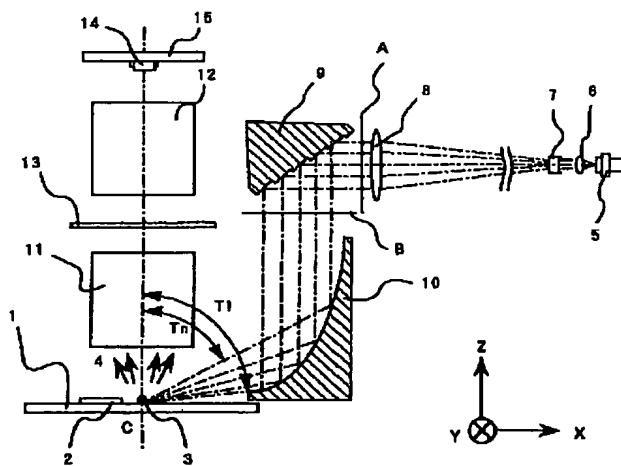
【図 17】基板上に形成された Al 等の金属薄膜上の微小凹凸によって生じるスペckル模様が消去されることを検出器で検出される検出波形で説明する図である。

【図 18】本発明に係る微小欠陥検出装置において第 1 ～ 第 5 の実施例と異なる構成を示す図である。

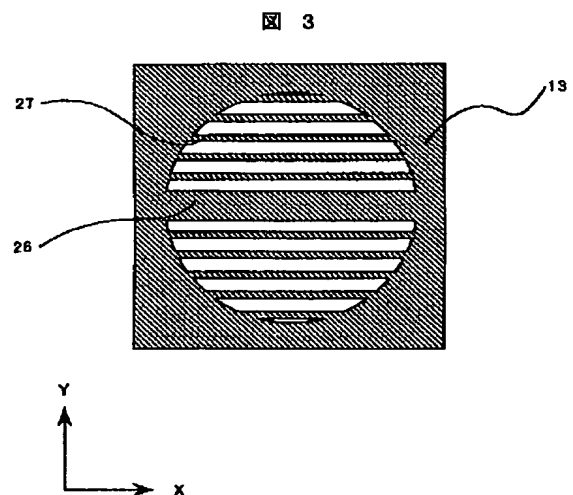
【符号の説明】

- 1…基板、1a…Si 基板、1b…薄膜（絶縁膜、保護膜、レジスト膜）
- 2…回路パターン、3…微小異物（微小欠陥）、5…半導体レーザ発振器
- 6…コリメートレンズ、7…円筒レンズ、8…レンズ、9…多段ミラー
- 10…放物ミラー、11…集光レンズ、12…結像レンズ
- 13…空間フィルタ、14…検出器、16…アナモルフィックな光学系
- 17…ミラー、35…TDI センサ

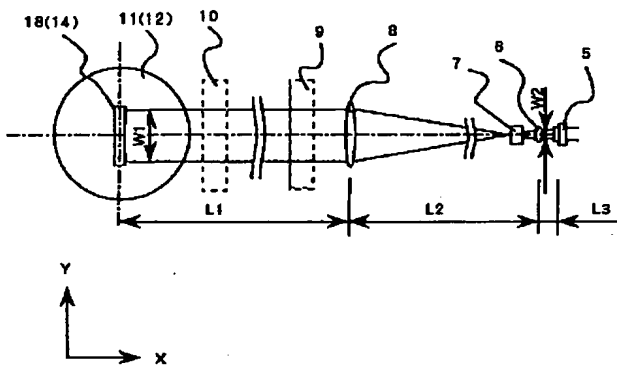
【図 1】



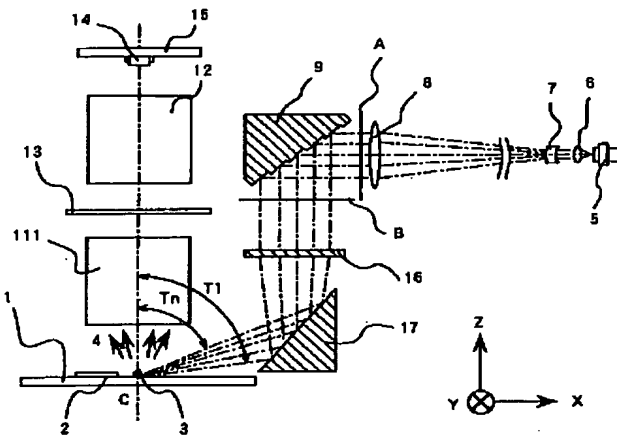
【図 3】



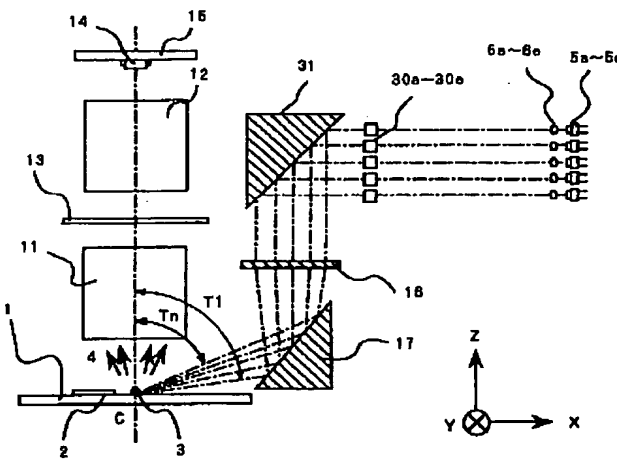
【図 2】



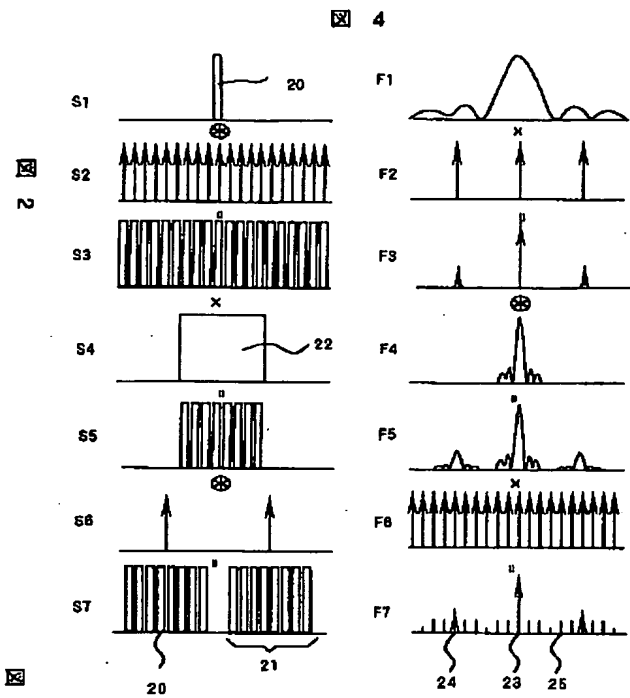
【図 5】



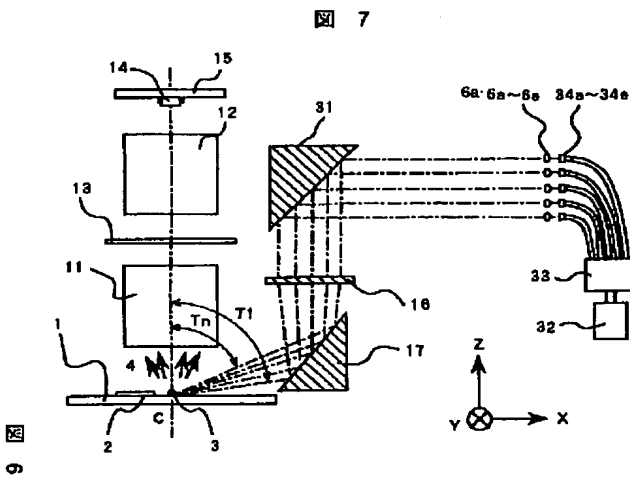
【図 6】



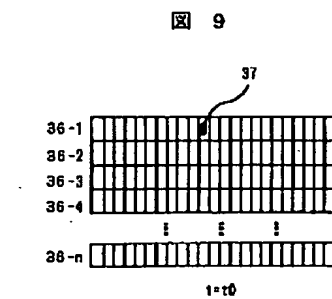
【図 4】



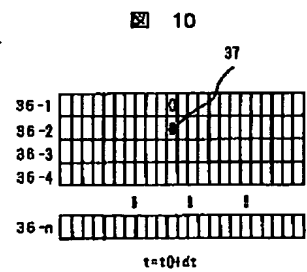
【図 7】



【図 9】

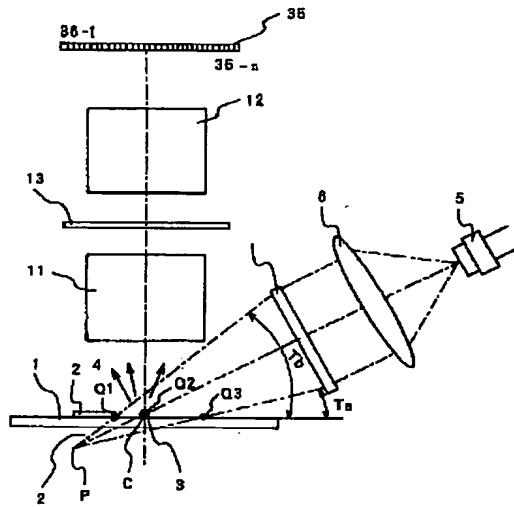


【図 10】



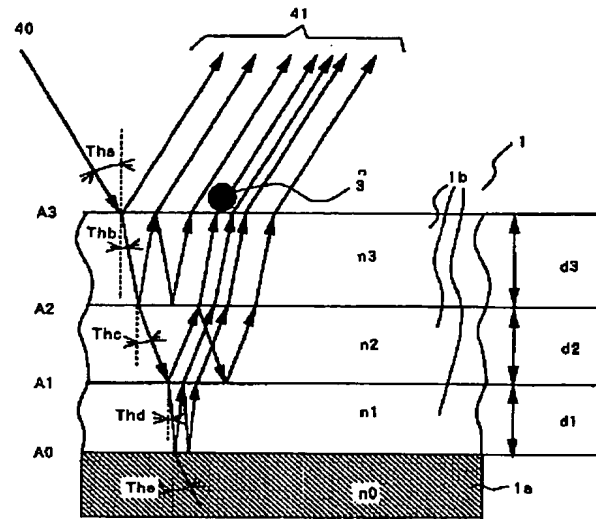
【図 8】

図 8



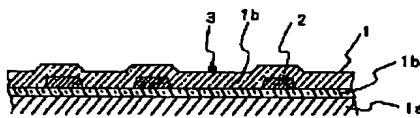
【図 11】

図 11



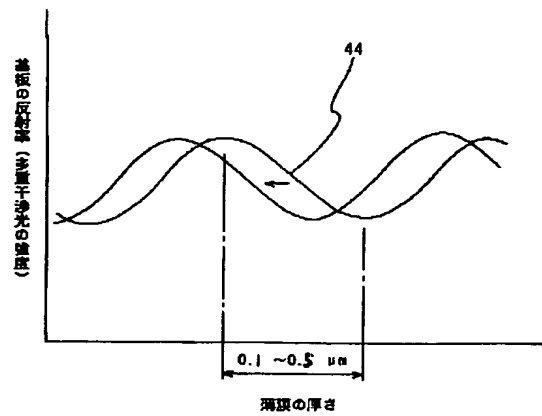
【図 12】

図 12



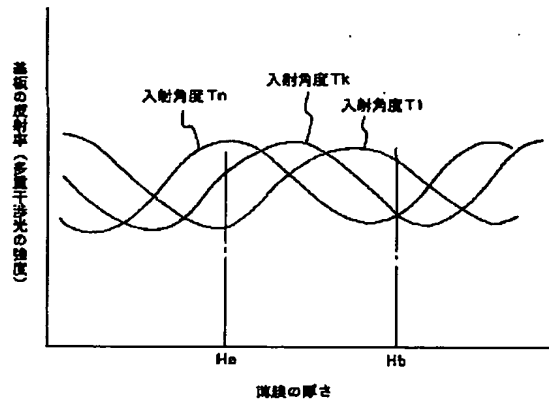
【図 13】

図 13



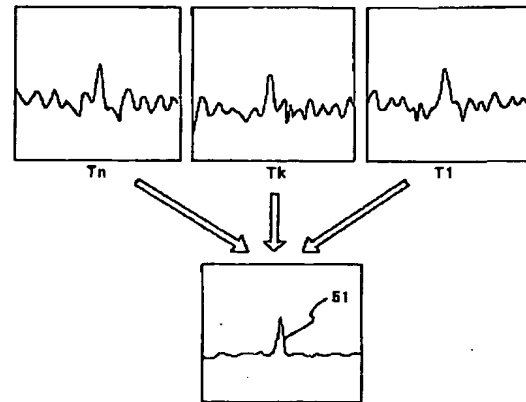
【図14】

図 14

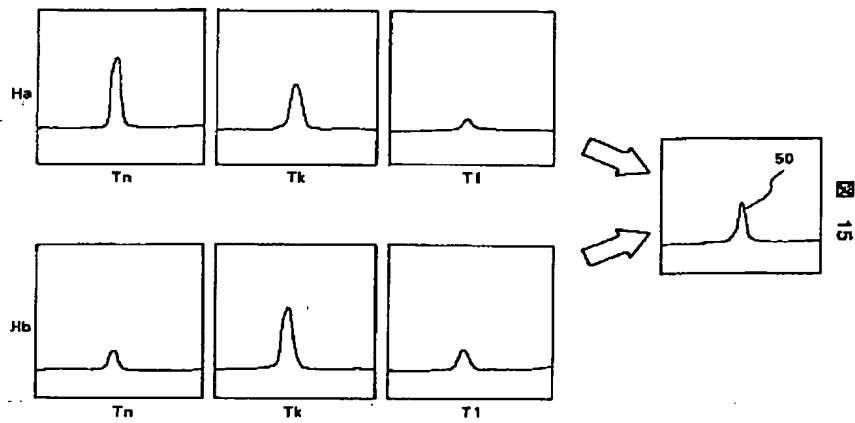


【図16】

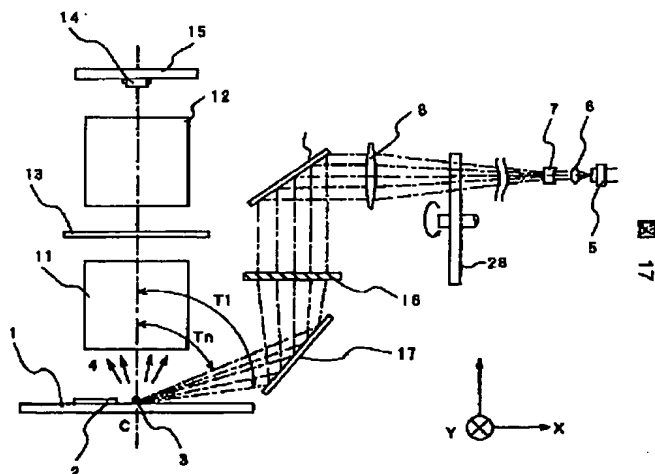
図 16



【図15】



【図17】



【手続補正書】

【提出日】平成 7 年 6 月 1 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る微小欠陥検出装置における第 1 の実施例を示す構成図である。

【図 2】図 1 に示す光学系を Z 軸方向から臨んで展開した照明光学系を中心とする光路展開図である。

【図 3】図 1 に示す装置において用いられている空間フィルタの形状を示す図である。

【図 4】図 3 に示す空間フィルタの作用を説明するための図である。

【図 5】本発明に係る微小欠陥検出装置における第 2 の実施例を示す構成図である。

【図 6】本発明に係る微小欠陥検出装置における第 3 の実施例を示す構成図である。

【図 7】本発明に係る微小欠陥検出装置における第 4 の実施例を示す構成図である。

【図 8】本発明に係る微小欠陥検出装置における第 5 の実施例を示す構成図である。

【図 9】T D I センサの動作を説明するために、 $t = t_0$ における状態を示す図である。

【図 10】T D I センサの動作を説明するために、 $t = t_0 + dt$ における状態を示す図である。

【図 11】薄膜構造を有する基板において生じる多重干渉について説明するための図である。

【図 12】本発明の検査対象となる基板の一例である薄膜の厚さに変化が見受けられる半導体ウエハの一部分の断面を示す図である。

【図 13】基板上に対して集光照射する光束の入射角を変えた場合の薄膜の厚さと基板の反射率（多重干渉光の強度）との関係を示す図である。

【図 14】基板上に対して各々入射角度 T_1 , T_k , T_n をもった複数の光束を実効的に同時に集光照射する場合の薄膜の厚さと基板の反射率（多重干渉光の強度）との関係を示す図である。

【図 15】図 15 に示す内容を検出器で検出される検出波形で説明する図である。

【図 16】基板上に形成された A 1 等の金属薄膜上の微小凹凸によって生じるスペックル模様が消去されることを検出器で検出される検出波形で説明する図である。

【図 17】本発明に係る微小欠陥検出装置において第 1 ～第 5 の実施例と異なる構成を示す図である。

【符号の説明】

1…基板、1 a…Si 基板、1 b…薄膜（絶縁膜、保護膜、レジスト膜）

2…回路パターン、3…微小異物（微小欠陥）、5…半導体レーザ発振器

6…コリメートレンズ、7…円筒レンズ、8…レンズ、9…多段ミラー

10…放物ミラー、11…集光レンズ、12…結像レンズ

13…空間フィルタ、14…検出器、16…アナモルフィックな光学系

17…ミラー、35…T D I センサ

フロントページの続き

(72)発明者 永山 和彦
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 谷内 俊明
東京都渋谷区 3 丁目 16 番 3 号日立電子エンジニアリング株式会社内

(72)発明者 渡辺 哲也
東京都渋谷区 3 丁目 16 番 3 号日立電子エンジニアリング株式会社内

(72)発明者 松永 良治
東京都渋谷区 3 丁目 16 番 3 号日立電子エンジニアリング株式会社内

(72)発明者 野口 稔
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式会社日立製作所生産技術研究所内